

PRIMEROS RESULTADOS SOBRE EL CIERZO EN EL MARCO DEL PYREX

Luis A. Vázquez López
Antonio I. Gordo Serrano
Manuel Casals Marcén

(G.P.V. de Zaragoza, -INM-)

RESUMEN

A través de los datos e informaciones obtenidos en el experimento pirenaico franco-español PYREX (octubre-noviembre de 1990) se muestran algunos resultados que relacionan la contribución de la montaña a la formación del viento cierzo en el Valle del Ebro. Asimismo, un análisis estadístico obtenido de una larga serie de observaciones, permite destacar algún rango notable característico del flujo aéreo cerca del suelo.

1. Introducción.

Es un hecho que en las últimas décadas ha venido acumulándose una gran cantidad de observaciones, experimentos y esquemas teóricos que ponen en evidencia y pretenden explicar la influencia que las montañas ejercen sobre la evolución atmosférica. La variedad fenomenológica es muy dependiente de la localización, tamaño y forma de los sistemas montañosos, así como de las características termodinámicas de las circulaciones aéreas.

En el caso de los Pirineos, éstos se comportan como un sumidero de momento, dando lugar a un frenado de la circulación atmosférica. Este efecto general se manifiesta a través de diversos fenómenos y estructuras meteorológicas

en las inmediaciones de las montañas, generalmente entre las escalas meso-a y meso-b, como el *drag* de presión, las ondas de montaña (que difunden parte de la energía del flujo lejos de la propia zona orográfica generadora) y los vientos regionales. Estos últimos, como es conocido, alcanzan rangos de fuerza, frecuencia y persistencia muy notables, con fases de aceleración-desaceleración, y contribuyen a la formación de zonas de convergencia de bajo nivel asociadas a procesos convectivos e intensas precipitaciones en determinadas situaciones meteorológicas.

El cierzo, que sopla del sector NW a lo largo de la mayor parte del eje del Valle del Ebro, es uno de estos fenómenos mesoescalares, inducidos orográficamente a sotavento de los Pirineos en situaciones de flujo general del Norte.

2. Características climatológicas y meteorológicas del cierzo. Algunos precedentes.

Un trabajo sobre el ciervo fue presentado por el grupo español en la Conferencia Final de Resultados del Experimento Alpino-ALPEX, celebrada en Venecia (Italia) en el otoño de 1985.

En dicho trabajo, que aprovechaba la importante base de datos generada con ocasión del experimento citado, se analizaba un caso de estudio de viento cierzó acaecido en una secuencia de días de los que conformaron parte del período de observación intensivo ALPEX. Entre sus conclusiones destacables se hizo resaltar el aparente ageostrofismo del cierzó, cuya distribución espacial, dirección y fuerza pueden ser mejor explicadas en relación con la perturbación de la presión en superficie.

Es decir, horizontalmente, la parte negativa del dipolo orográfico pirenaico configura un gradiente de presión en el Valle del Ebro, que va asociado a la dirección y velocidad del cierzo.

Verticalmente, se apreció un aumento de la velocidad desde el suelo hasta unos 800-1.000 m alcanzando a este nivel su velocidad máxima, al modo de una corriente aérea o chorro de baja cota,

por encima de la cual, la velocidad decrece de nuevo.

El perfil térmico vertical mostró inversión térmica en el nivel de viento máximo, marcando la frontera entre dos flujos diferenciados: uno, del NW, desde el suelo hasta unos 800-1.000 m que recorre el valle; y otro, más fijado en la componente Norte, sobre los Pirineos, fluyendo sobre el primero (Fig. 1).

Desde un punto de vista climatológico, el análisis de una larga serie de datos obtenidos de las bandas del anemocinemógrafo del Aeropuerto de Zaragoza ofrece una serie de características de frecuencia, dirección-fuerza en el curso anual, entre las que cabe destacar la "oscilación" de la dirección dominante del viento entre las horas nocturnas (00-01-02) y las horas diurnas (12-13-14).

Como puede verse en la Fig. 2, en horas diurnas la dominancia es del flujo del NW, mientras que en las horas nocturnas el rumbo más frecuente pasa a ser del W.

Esta circunstancia se ha apreciado con generalidad en las diferentes estadísticas que se han obtenido, lo que permite avanzar la existencia de una modulación diurna en el rumbo del viento;

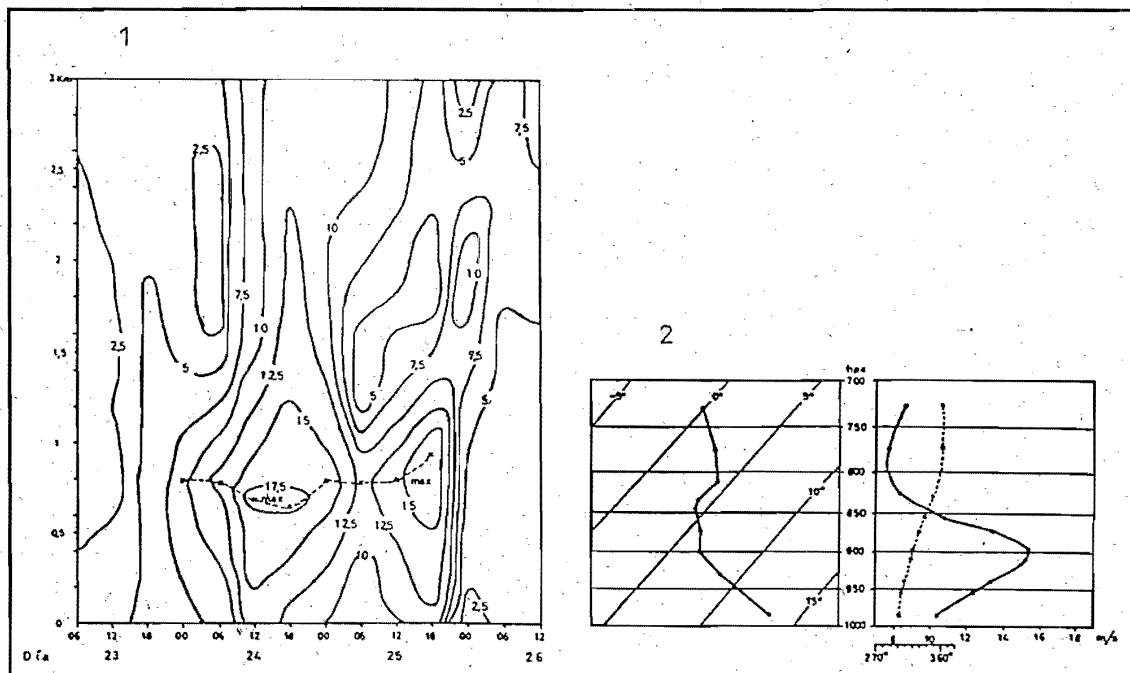


Figura 1.- ALPEX. Radiosondeos de Zaragoza; 23, 24 y 25 de abril de 1982

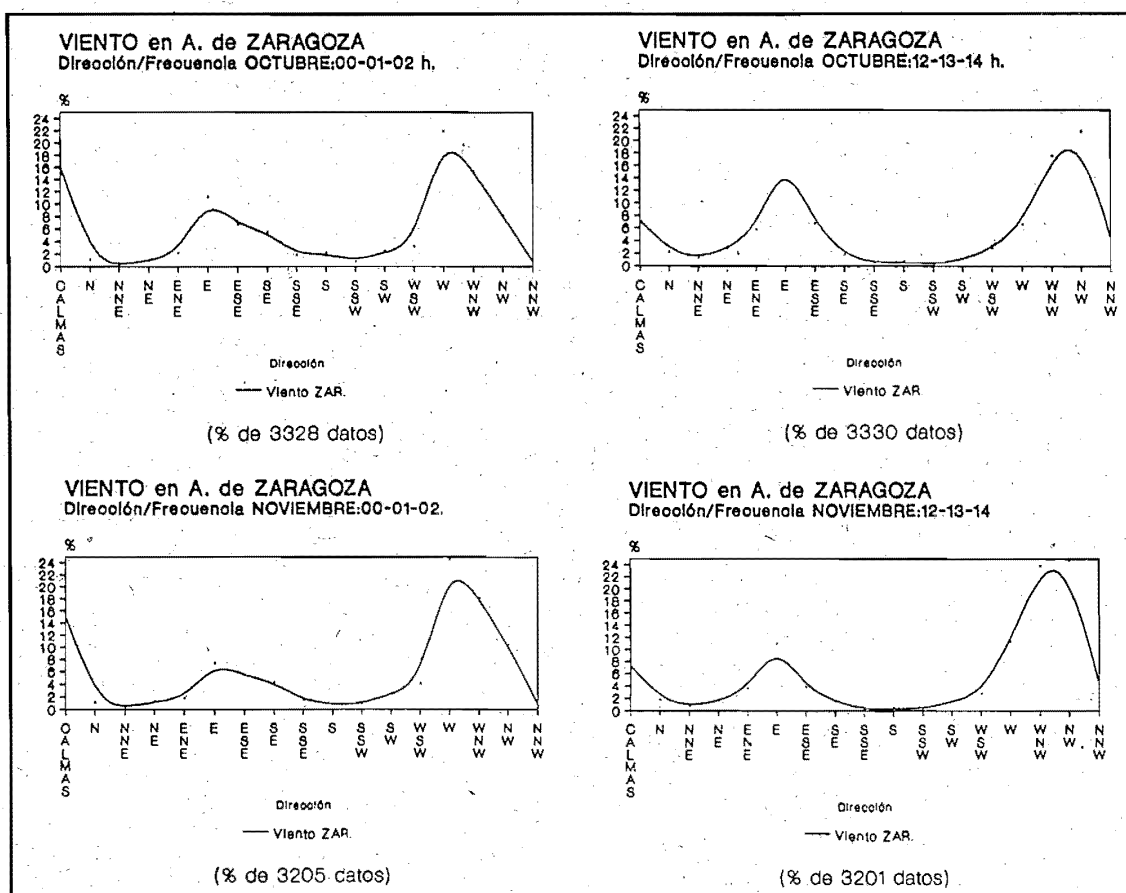


Figura 2.- Oscilación diurna climatológica de la dirección del viento más frecuente en Zaragoza, el cierzo: Sector W: horas nocturnas. Sector NW: horas diurnas

es decir, el viento, como dirección contenida principalmente en el sector NW (cierzo), domina con más frecuencia en las horas centrales del día y primeras de la tarde, variando hacia el W a partir del ocaso y durante la noche. Asimismo, una amplia constatación observacional en la variación diurna de la velocidad del viento, más alta en la parte diurna del día, se remite con probabilidad a las características geográficas y termodinámicas de la región, influyendo en los bajos niveles aéreos.

3. PYREX: *Drag*, dipolo orográfico y cierre.

Durante el experimento PYREX se obtuvieron valores de presión sobre la superficie de la montaña por medio de una red de 14 microbarógrafos, que funcionó constantemente durante la fase de campo del experimento. Su localización se asignó a lo largo de una sección casi transversal a la cordillera, procurando que se ajustara a la parametrización de la orografía en los modelos de mesoescala y con una resolución espacial que pudiera describir el orden de magnitud de las

perturbaciones del campo de presión conocidas por anteriores observaciones (ALPEX y operativa meteorológica convencional).

Esta implementación ha permitido la determinación del *drag* de presión como medida del rozamiento producido por la montaña o bien de la resistencia que ofrece la misma al avance del flujo del aire que incide sensiblemente perpendicular a la misma.

Uno de los efectos pirenaicos más evidentes resulta ser la formación de una perturbación en la presión, reducida al nivel del mar, denominada dipolo orográfico. Se trata de dos centros de alta y baja presión, situados en la proximidad de las montañas, a barlovento y sotavento de las mismas, respectivamente. Tal es así que, en situaciones de flujo general del Norte, se identifica normalmente un centro reducido de baja presión en el lado del Valle del Ebro, que debe contribuir a la formación y propiedades del cierzo. Asimismo, la alta presión, en el lado francés, da lugar a gradientes localizados de presión, que conforman la tramontana.

Cuando el flujo general es del Sur, procesos semejantes, aunque no estrictamente simétricos y espacialmente invertidos, dan lugar a una disminución relativa de la presión en el Norte de los Pirineos, que se asocia al viento autan.

Hay una estrecha relación entre estos fenómenos, el *drag* de presión, el dipolo orográfico y los vientos locales, alguno de cuyos aspectos se pretende mostrar en los apartados que siguen.

4. Los principales P.O.I. con ocurrencia del cierzo.

En los gráficos de la Fig. 3 se han representado los valores horarios del *drag*, así como los valores horarios de la dirección y fuerza del viento en dos observatorios, Zaragoza y Huesca, que corresponden a los P.O.I. números 1, 9 y 10. En ningún caso la configuración meteorológica general resultó excesivamente propicia para la aparición del cierzo, excepto en el caso del P.O.I. núm. 10, si bien el centro anticiclónico se situó

sobre las Islas Británicas, con flujo de N-NE sobre el Pirineo, bastante parecido al caso citado en ALPEX.

Es notable la persistencia de la dirección NW en Zaragoza (dirección típica del cierzo), en tanto que en el Observatorio de Huesca la dispersión de rumbos es mayor, con una tendencia a orientarse hacia el W, según las horas del día, como se puede apreciar durante los días 14, 15 del P.O.I. núm. 9.

Si bien cualitativamente se observa una relación positiva entre la intensificación-decaimiento de la velocidad del viento y el *drag*, es bien notable que este último experimenta variaciones mucho más drásticas que la fuerza del cierzo, como puede observarse, por ejemplo, hacia las 24Z del día 29 de noviembre, en la Fig. 3.

Estas circunstancias apuntan a una variedad posible en la organización espacial del flujo aéreo en la región del Valle del Ebro. Incluso en situaciones en las que el cierzo sopla en Zaragoza

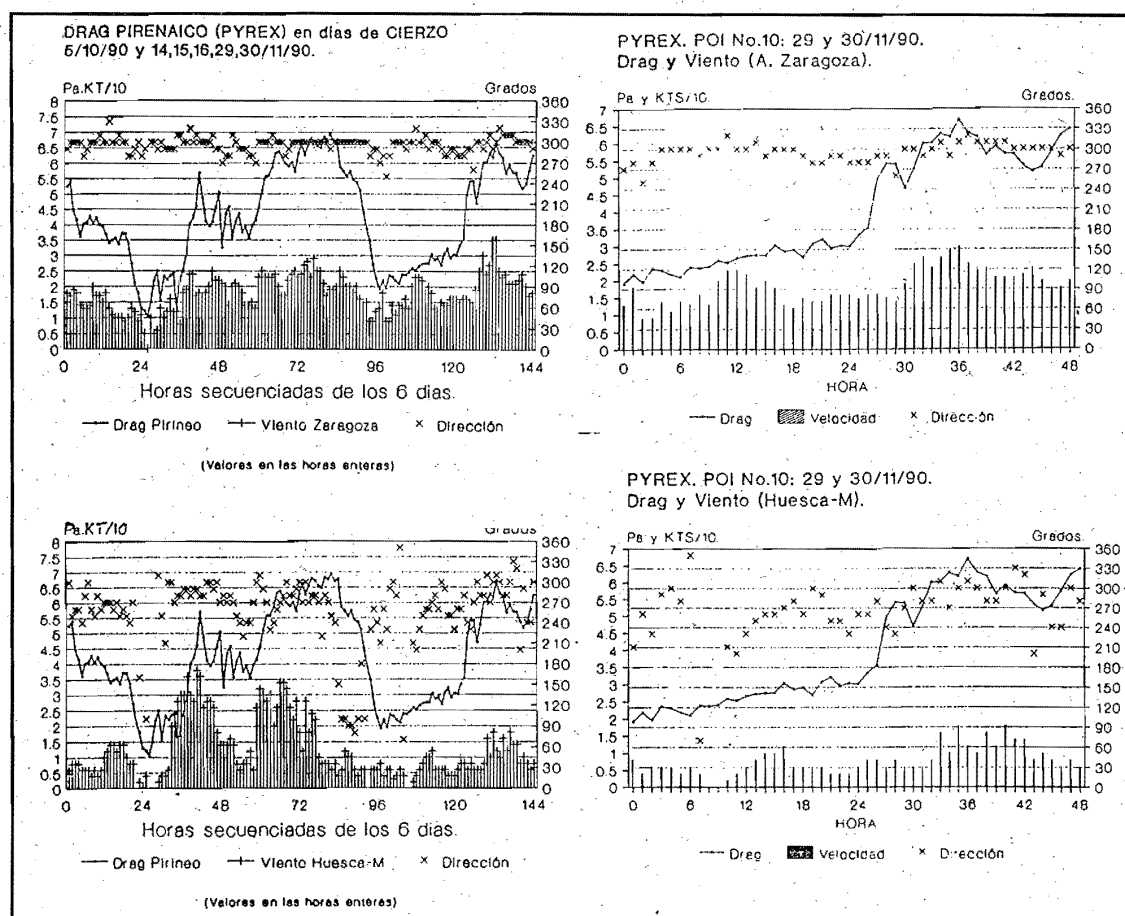


Figura 3.- Línea continua: evolución del 'drag'; barras verticales: viento (Kt); aspas: dirección del viento

con valores análogos de dirección y fuerza, resulta notablemente diferente en otros puntos de la zona más periféricos. Esta relación, evidentemente no lineal, entre el rozamiento orográfico, de la cordillera como un todo, y las particularidades espacio-temporales del cierzo pueden indicar la diferente y selectiva contribución de unas partes u otras del macizo montañoso, la desigual influencia de la dinámica orográfico-atmosférica en las zonas inferiores o más elevadas de la cordillera, la evolución del balance radiativo en los niveles bajos del valle, etc.

5. El P.O.I. núm. 10.

El análisis manual de los datos de presión en superficie y el geopotencial en 850 hPa durante

los días 29 y 30 de noviembre, Figs. 4 y 5, pone en evidencia la existencia del dipolo orográfico, su intensificación y la formación de un gradiente casi-transversal al eje del Valle del Ebro, tanto más al avanzar desde las horas finales del día 29 y durante el día 30 (último día del experimento). Es destacable cómo, en esta fase, se produce un drástico aumento del valor del *drag* (Fig. 3).

La depresión principal se va desplazando hacia el Este en el Mediterráneo Occidental.

Asimismo, en los análisis de los datos aerológicos a barlovento de los Pirineos, Pau (Francia), se destaca un aumento de la velocidad del flujo incidente (aumento relativo del número de Rossby), (véase la Fig. 6), y sobre todo una estabilidad en la estratificación vertical en el

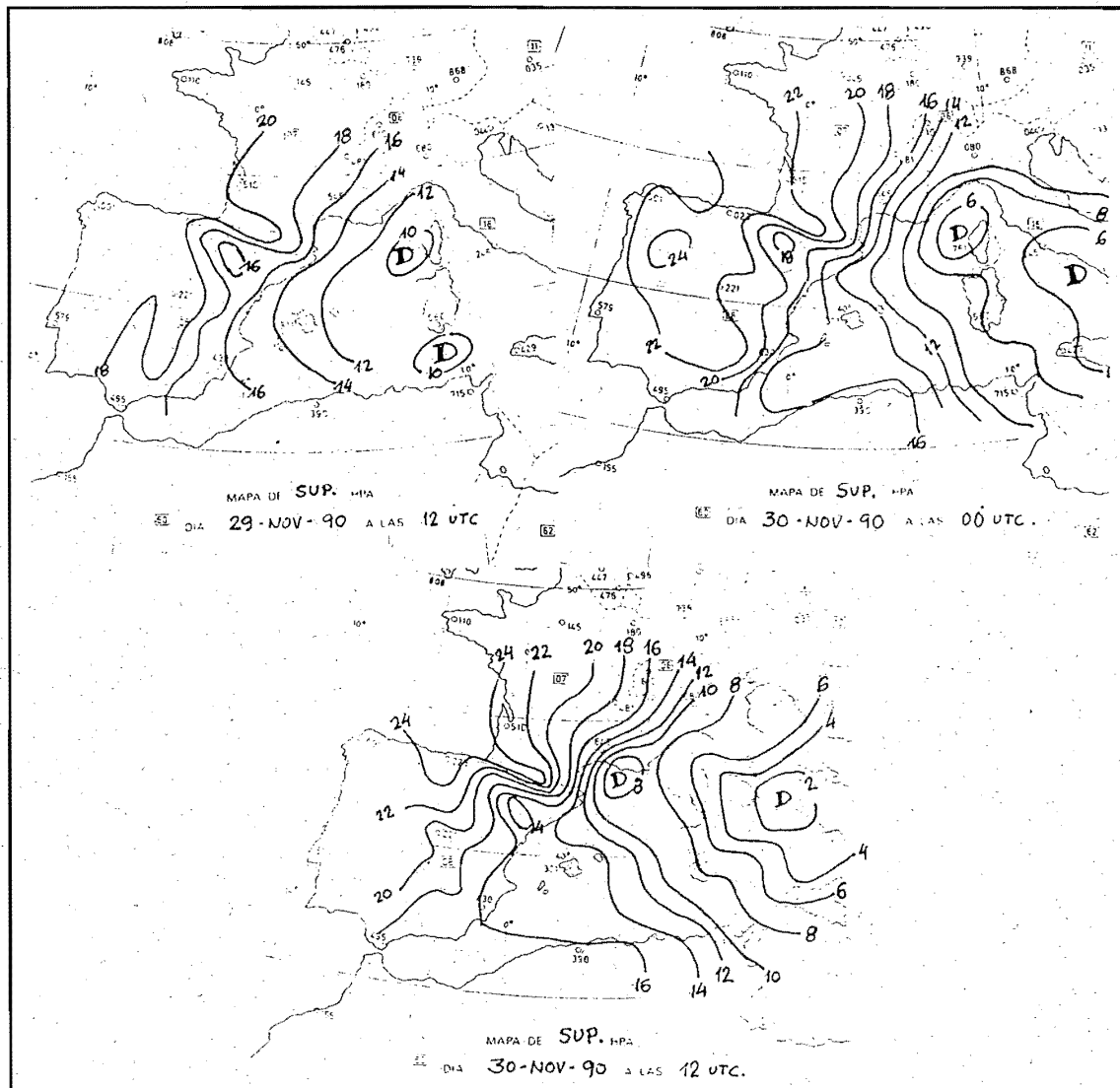


Fig. 4.- PYREX. POI núm. 10. 29 y 30 de noviembre de 1990.
Dipolo orográfico: perturbación del campo de presión (hPa)

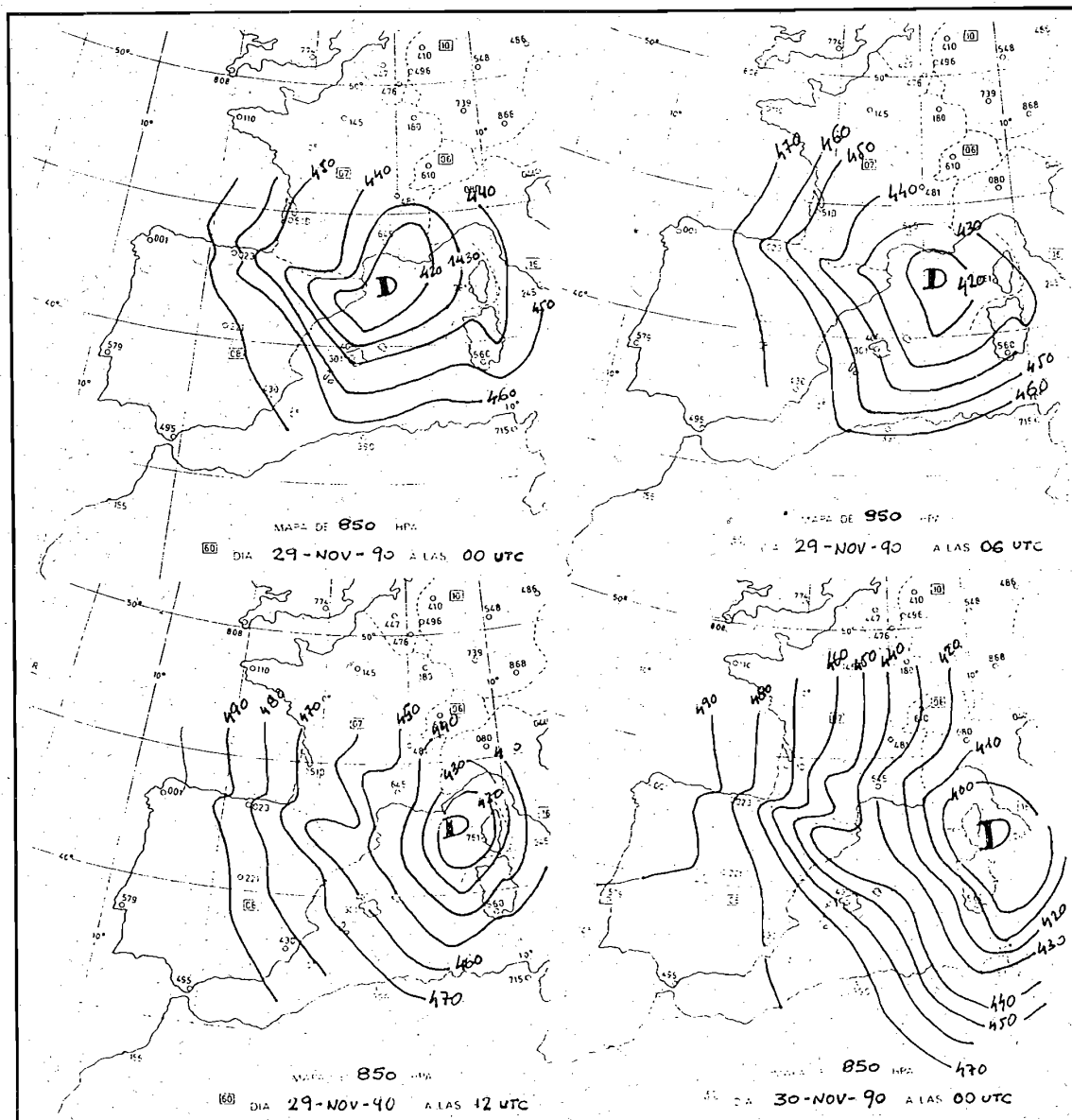


Fig. 5.- PYREX. POI núm. 10. 29 y 30 de noviembre de 1990. Evolución del geopotencial de 850 hPa. Deformación y bloqueo orográfico. Desplazamiento hacia el Este de las bajas presiones.

estrato atmosférico que incide sobre las altitudes de las montañas. Puede suponerse aquí un reforzamiento del efecto de bloqueo, acompañado también de advección fría. (Disminución del número de Froude hasta mayores valores negativos).

A sotavento, es bien manifiesta la aparición de rasgos probablemente estructurales del cierzo, en alta coincidencia con lo que fue resaltado en el experimento ALPEX (Figs. 2 y 7).

Puede notarse el núcleo de viento máximo entre los días 29 y 30 coincidiendo con el rápido aumento del *drag* pirenaico ya referido (Fig. 3). Y

también, la formación de inversión térmica a ese nivel del viento máximo, como separando o desacoplando el estrato inferior del cierzo, de dirección predominante NW, del que sopla por encima, que es del sector N-NE (en la figura se señala la base y la cima de la inversión con líneas discontinuas; el flujo en niveles superiores no se muestra en esta comunicación).

Conclusiones.

1. Las observaciones en el PYREX confirman resultados ya anticipados en el experimento

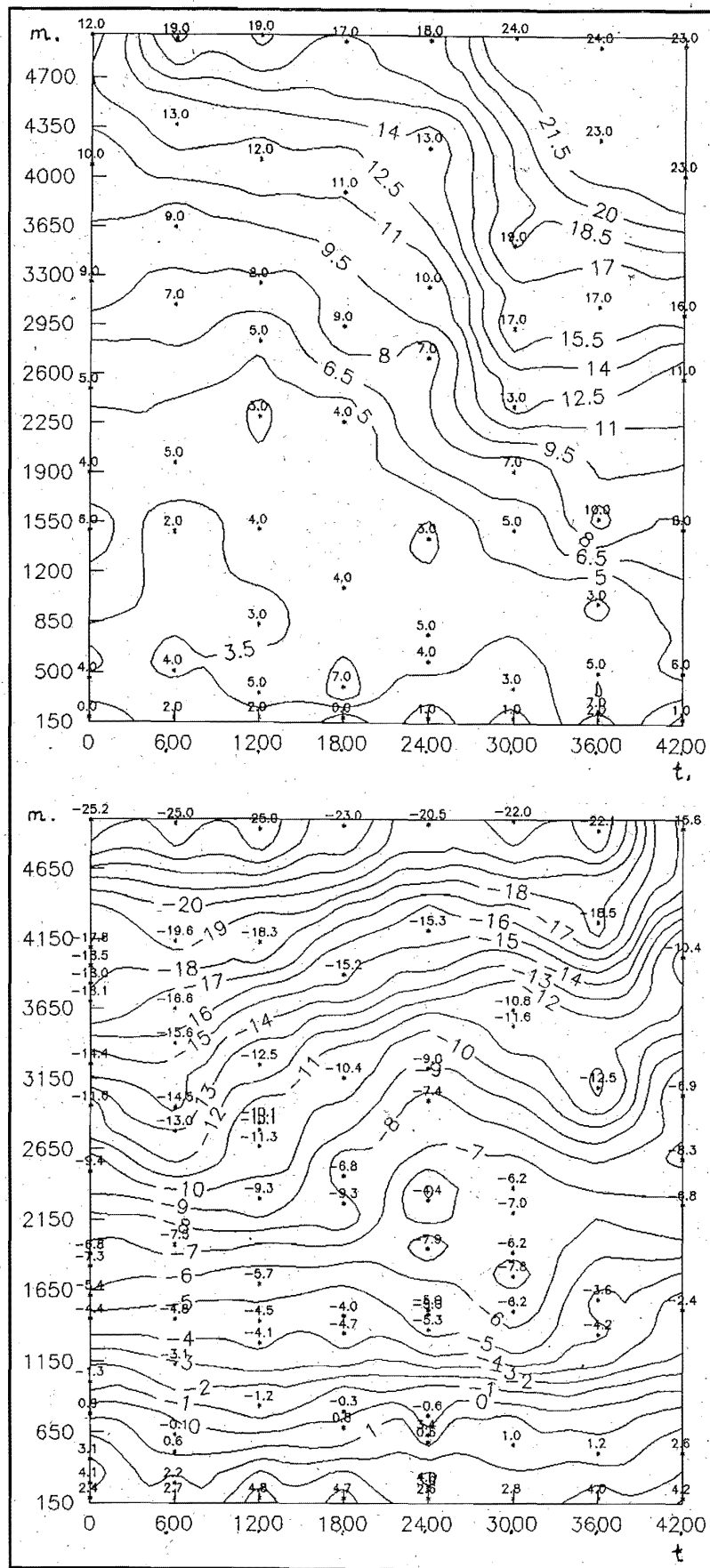


Fig. 6.- Radiosondeo de Pau (Francia). POI núm. 10. 29 y 30 de noviembre de 1990. Condiciones meteorológicas a barlovento de los Pirineos. Isopletas de viento (m/s) y temperatura (°C).

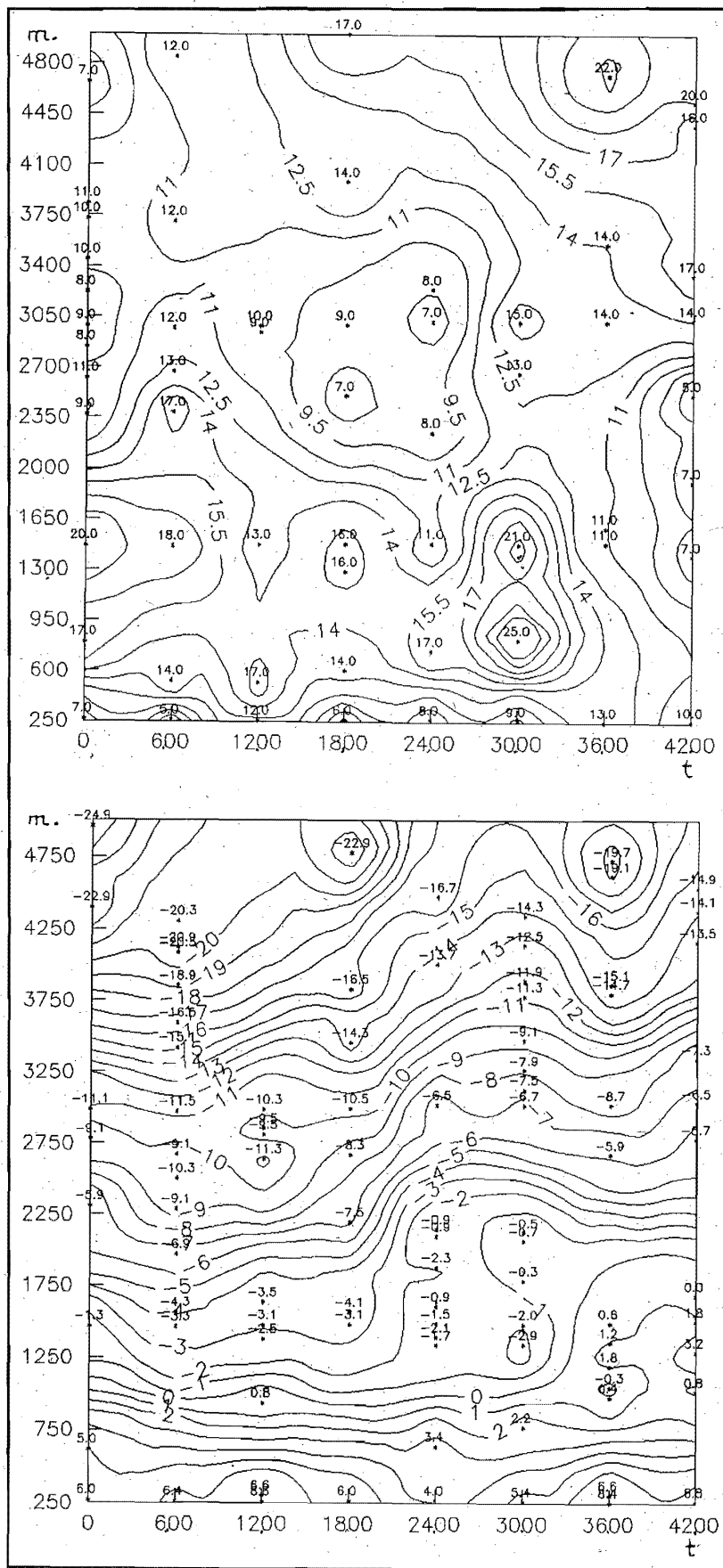


Fig. 7.- Radiosondeo de Zaragoza. POI núm. 10. 29 y 30 de noviembre de 1990. Condiciones meteorológicas a sotavento de los Pirineos. Isopletas de viento (m/s) y temperatura (°C).

alpino (ALPEX), en cuanto a la estrecha relación entre *drag*, dipolo orográfico y el viento regional cierzo.

2. La relación entre el *drag* total de presión y el cierzo no parece muy directa, en la hipótesis de que alguno de los procesos conducentes a importantes variaciones en el rozamiento de las montañas no sean tan contributivos para con la velocidad y organización espacial del cierzo.

3. Como se observó en ALPEX, el cierzo en PYREX, como viento inducido orográficamente (Pirineos), aparece como un flujo en la dirección del eje de gran parte del Valle del Ebro, confinado en un estrato aéreo entre el suelo y unos 1.300 m, y con un máximo de velocidad próximo a la base

de inversión térmica que limita esta capa por su parte superior.

Referencias.

ALPEX Experiment Design (1982). GARP-ALPEX no. 1, WMO. Geneve.

Bougeault, P.; Jansá, A.; Carissimo, B.; Pelon, J.; Richard, E. (1990). *Momentum budget over the Pyrénées: the PYREX experiment*. Bull. Amer. Met. Soc., 71, pp. 806-818.

Riosalido, R.; Vázquez, L.; Gordo, A.; Jansá, A. (1986). *Cierzo: a northe westerly wind along Ebro Valley as a mesoscale induced effect... a case study during ALPEX. Scientific results of the alpine experiment*. WMO, vol. 2.